

氏 名	今 西 明
学 位 の 専 攻 分 野 の 名 称	博 士 (心理学)
学 位 記 番 号	甲文第92号 (文部科学省への報告番号甲第323号)
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	2010年3月16日
学 位 論 文 題 目	カオス解析による作業者の心身状態推定の可能性 ～容積脈波を用いた実験的検討～
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 八 木 昭 宏 (副査) 教 授 片 山 順 一 教 授 片 寄 晴 弘 名誉教授 雄 山 真 弓 (大阪大学大学院招聘教授)

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、心理活動を生理的反応である容積脈波を指標として測定し、その反応のゆらぎを評価するため、理工系分野で話題となったカオス解析の手法を適用したものである。論文は、5部 9章、7つの実験研究から構成されている。

第Ⅰ部 (第1章) の序論では、従来のカオス研究を概観し、生理反応に応用した研究事例を紹介している。まず、心理学の分野ではカオスはあまり知られていないので、心理学以外の分野で生体信号に潜在するカオス (chaos) の定量化、すなわち、カオス解析 (chaos analysis) を行うことによって得られるリアプノフ指数 (Lyapunov exponent) に関する研究を紹介している。背景には、近年、心理学以外の研究分野で、ヒトの心理・生理状態の推定を目的とした研究が行われるようになってきたことがある。中でも、末梢血管における血流量を示す容積脈波 (plethysmogram) はヒトの生理・心理状態を鋭敏に反映し、簡便な装置から簡単に測定することができる有用性の高い生理指標であることから、カオス解析の対象としてよく使用されている。しかしながら、容積脈波のカオス解析に関する先行研究は応用研究に重点が置かれ、基礎的研究の知見が不足しており、類似した実験状況下において得られた結果と比較した場合でも、正反対の結果が示されるようなこともしばしば見受けられる。本研究では、それらの問題点を議論した上で、第二部以下の実験研究において、基礎と応用両面で検討することを目的とした。

第Ⅱ部、第2章から第4章 (研究1から研究3) での一連の実験により、カオス解析で使用される設定値がリアプノフ指数に与える影響を検討した。容積脈波を測定する際のパラメータの設定値を変化させ、その差異が結果に与える影響を比較し、異なる設定値から算出されたリアプノフ指数は相互に比較することができないことを示した。

第Ⅲ部、第5章から第7章 (研究4から研究7) では、容積脈波のリアプノフ指数を用いて作業者の生理・心理状態の評価が行えるか否かを検討した。また、他の自律神経系生理指標も同時に測定し、容積脈波のリアプノフ指数の生理学的メカニズムとの関連についても検討を行った。研究4では5分間の暗算課題および鏡映描写課題、研究5では30分間の連続暗算課題、研究6では60分間のヴィジランス課題、を実験室で実施した。

さらに第Ⅳ部 (第8章) の応用研究7では実車を用いた夜間9時間にわたるトラック運転課題を行わせた

実験を実施した。

これらの実験の結果、容積脈波のリアプノフ指数は交感神経系活動の賦活によって低下し、その抑制によって増加することが示唆された。その一方で、リアプノフ指数の変化には神経メカニズムからの観点では説明できない点も見られ、それにはヒトの何らかの心理的要因が重畳していると論議している。

第Ⅴ部（第9章）の総合論議では、一連の実験をまとめた上で、いくつかの今後の課題も指摘している。第一に、現状では、作業者のおよそその生理・心理状態の推定は可能であっても、脈波のリアプノフ指数を用いて個人の生理・心理状態を厳密に評価することは難しい。複数名の参加者より得られた結果から、有益な知見が得られたが、各参加者から得られた結果から個別的に生理・心理状態を推定できるほどの精度を現状では確認できなかった。この点については、本研究においても検討を重ねた解析時に用いられる設定値の調整によって改善されると考えられる。第二に、容積脈波は簡便に測定できる一方で、アーティファクトに対して大変脆弱であった。特に、研究7におけるトラックドライバーの生理・心理状態を推定した際には、解析対象に採用できる容積脈波は約3分の2に止まり、実用場面への応用のためにはセンシング技術の向上をはじめとする改善を提案している。今後、様々な研究者によって容積脈波のカオス解析が行われる際、解析時に用いられる設定値を統一するなど、整合性のある見解を導き出すための有益な示唆を与えるものになると結論している。

論文審査結果の要旨

心理学の世界では、脳波や末梢の生理反応を用いて心の状態を測定し解析する手法が用いられる事が多い。コンピュータの発展により、フーリエ解析など様々な解析も用いられるようになってきた。心理学以外の分野でも、新たな解析法として生体信号に潜在するカオス（chaos）の定量化、すなわち、カオス解析（chaos analysis）を行なうことによって得られるリアプノフ指数（Lyapunov exponent）により、ヒトの生理・心理状態の推定が行なわれている。中でも、末梢血管における血流量を示す容積脈波（blethysmogram）は簡便な装置から簡単に測定することができる有用性の高い生理指標であることから、カオス解析の対象としてよく使用されている。容積脈波のカオス解析は人間工学的研究領域における自動車運転時のドライバーの状態評価をはじめ、作業者の生理・心理状態の推定生理・心理状態の推定に利用されている。

今西氏は、学部有的时候には雄山教授（現、名誉教授）の下でカオスの研究に取り組み、実験室事態や現場での研究を実施してきた。生理反応を計測することから、学部有的时候から主査のゼミにも出席し心理生理計測を学習してきた。大学院後期課程では、主査のゼミに所属し研究を続け、今回の学位申請論文を仕上げた。本論文は、我が国の心理学界で初めて本格的に生理反応のカオス解析を実施し、それを学位論文としてまとめたものである。

容積脈波のカオス解析に関する先行研究は応用研究に重点が置かれ、基礎的研究の知見が不足している。また、現状では容積脈波のリアプノフ指数の生理学的な意味づけがなされていないことから、各研究における統一的な見解を導くことができずにいた。各実験で得られた結果に対する考察を十分に行うことができないことがその原因として考えられる。

本研究では、解析手法に関する詳細な検討を行っている。先ず実験室内での統制された心理学実験を複数実施している。また、実際現場での応用研究も実施している。そこで得られた知見を基に一貫した設定値を用いてリアプノフ指数を算出し、様々な課題遂行中におけるヒトの生理・心理状態について評価している。これらの多数の研究成果は、国内の学会だけでなく国際学会や、国内外の審査付き論文で発表している。その成果が評価され、本論文にも記載されている自動車運転に関する研究は、外部企業から研究協力を依頼されて実施したものである。容積脈波のカオス解析について、このような体系的な検討を行った研究は、心理

学の分野だけでなく他にも見られない。

第Ⅱ部で述べられている研究は、実際の容積脈波の波形を見慣れている医学や人文系の研究者が、どのような波形の揺らぎがリアプノフ指数に影響するかを、図表的に表したユニークな研究である。数理に熟達していない人には分かりやすい反面、純数理的にはもう一段深い論議が必要と考えられるが、今西氏の今後のさらなる研鑽と研究によって解決されると期待できる。

今回提出された論文内容は、今後、様々な研究者によって容積脈波のカオス解析が行われる際、解析時に用いられる設定値を統一するなど、整合性のある見解を導き出すための有益な示唆を与えるものになると考えられる。

以上、今回提出された論文内容、国内外での学会や実際現場での応用実績、さらに、2010年2月12日に実施した口頭試問の結果から、今西明氏に、博士学位（心理学）を授与するに相応しいと判断しましたので、ご報告いたします。